

15.06.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 6月11日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-167068
[ST. 10/C]: [JP 2003-167068]

REC'D 06 AUG 2004

WIPO

PCT

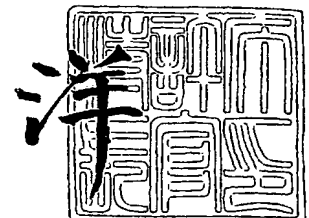
出 願 人
Applicant(s): 石川島播磨重工業株式会社
三菱電機株式会社

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 SA2-0927

【提出日】 平成15年 6月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23K 9/04

【発明の名称】 タービン回転部品の製造方法及びコーティング方法

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都西東京市向台町 3 丁目 5 番 1 号 石川島播磨重工業株式会社 田無工場内

 【氏名】 落合 宏行

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都西東京市向台町 3 丁目 5 番 1 号 石川島播磨重工業株式会社 田無工場内

 【氏名】 渡辺 光敏

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社 社内

 【氏名】 後藤 昭弘

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社 社内

 【氏名】 秋吉 雅夫

【特許出願人】

 【識別番号】 000000099

 【氏名又は名称】 石川島播磨重工業株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 000006013

 【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100087365

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗原 彰

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0115289

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 タービン回転部品の製造方法及びコーティング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスタービンエンジンの部品の一つであって、先端部に高温環境下における高温耐酸化アブレイシブ性を有したタービン回転部品を製造するためのタービン部品の製造方法において、

鍛造または鋳造によって部品ベースの大部分を成型し、機械加工によって前記部品ベースの残りの部分を形成する部品ベース成形工程と、

前記部品ベース成形工程が終了した後に、高温環境下における耐酸化性を有する微粉末状の高温耐酸化金属と高温環境下における高硬度を有する微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなる圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記圧粉体電極と前記部品ベースの先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、放電エネルギーによって前記部品ベースの先端側に前記圧粉体電極の電極材料を拡散及び／または溶着させて、高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した耐酸化アブレイシブコートをコーティングするコーティング工程と、

を具備してなることを特徴とするタービン回転部品の製造方法。

【請求項2】 高温耐酸化金属は、NiCr合金、M-CrAlYのうちいずれか1種または複数種の金属であることを特徴とする請求項1に記載のタービン回転部品の製造方法。

【請求項3】 高温高硬度セラミックスは、SiC、WC、cBN、Cr₃C₂、TiC、ZrO₂-Y、Al₂O₃のうちいずれか1種または複数種のセラミックであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のタービン回転部品の製造方法。

【請求項4】 前記タービン回転部品はタービン動翼であることを特徴とする請求項1から請求項3のうちのいずれかの請求項に記載のタービン回転部品の製造方法。

【請求項5】 ガスタービンエンジンの部品の一つであってタービン回転部品における部品ベースの先端側に、高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を

有した耐酸化アブレイシブコートをコーティングするためのコーティング方法において、

高温環境下における耐酸化性を有する微粉末状の高温耐酸化金属と高温環境下における高硬度を有する微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合した圧縮成形してなる圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記圧粉体電極と前記部品ベースの先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、放電エネルギーによって前記部品ベースの先端側に前記圧粉体電極の電極材料を拡散及び／または溶着させて、前記耐酸化アブレイシブコートをコーティングすることを特徴とするコーティング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、先端部に高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有したタービン回転部品（ガスタービンエンジンの部品の一つであって、例えばタービン動翼）を製造するためのタービン回転部品の製造方法、及びタービン回転部品における部品ベースの先端部に耐酸化アブレイシブコートをコーティングするためのコーティング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、ガスタービンエンジンのタービン動翼の先端部は高温環境下における高温耐酸化アブレイシブ性を有してあって、前記タービン動翼は次のように製造される。

【0003】

即ち、まず、鍛造または鋳造によって動翼ベース（部品ベース）の大部分を成型し、機械加工によって前記動翼ベースの残りの部分を形成する。次に、高温環境下における耐酸化性を有する高温耐酸化金属を溶射材料として用い、溶射によって前記動翼ベースの先端側に高温耐酸化金属からなる耐酸化コートをコーティングする。そして、高温環境下における高硬度（アブレイシブ性）を有する高温高硬度セラミックスを溶射材料として用い、溶射によって前記耐酸化コートの表側

に高温環境下におけるアブレイシブ性を有したアブレイシブコートをコーティングする。これによって、前記動翼ベースの先端側に、前記耐酸化コートと前記アブレイシブコートの二層からなって高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した耐酸化アブレイシブコートをコーティングすることができ、前記タービン動翼の製造が終了する。

【0004】

なお、本発明について関連する先行技術として特許文献1に示すものがある。

【0005】

【特許文献1】

特開 2000-71126 号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記耐酸化コート、前記アブレイシブコートはそれぞれ溶射によってコーティングされているため、前記耐酸化コートをコーティングする前にはブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等の前処理、前記アブレイシブコートをコーティングした後にはマスキングテープの除去処理等の後処理がそれぞれ必要であって、前記タービン動翼（前記タービン回転部品）の製造に要する時間が長くなるという問題がある。

【0007】

また、同じ理由により、前記耐酸化コートと前記動翼ベース（前記部品ベース）との間、前記アブレイシブコートと前記耐酸化コートとの間において十分に強い密着力を得ることができず、前記耐酸化アブレイシブコートが剥離し易く、前記タービン動翼の品質が安定しないという問題がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明にあつては、ガスタービンエンジンの部品の一つであつて、先端部に高温環境下における高温耐酸化アブレイシブ性を有したタービン回転部品を製造するためのタービン部品の製造方法において、

鍛造または鋳造によって部品ベースの大部分を成型し、機械加工によって前記

部品ベースの残りの部分を形成する部品ベース成形工程と、

前記部品ベース成形工程が終了した後に、高温環境下における耐酸化性を有する微粉末状の高温耐酸化金属と高温環境下における高硬度を有する微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなる圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記圧粉体電極と前記部品ベースの先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、放電エネルギーによって前記部品ベースの先端部に前記圧粉体電極の電極材料を拡散及び／または溶着させて、高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した耐酸化アブレイシブコートをコーティングするコーティング工程と、

を具備してなることを特徴とする。

【0009】

ここで、「電極材料」とは、高温耐酸化金属と高温高硬度セラミックスを混合した材料のことをいう。また、「電極材料を拡散及び／または溶着させて」には、前記電極材料を拡散及び／または溶着させることの他に、放電エネルギーによって前記電極材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着させることも含まれる。更に、放電エネルギーによってコーティングされた前記耐酸化アブレイシブコートと前記部品ベースの母材との境界部分は、傾斜合金特性を有してあって、前記耐酸化アブレイシブコートと前記部品ベースの先端側は強固に結合する。

【0010】

請求項2に記載の発明にあつては、請求項1に記載の発明特定事項の他に、高温耐酸化金属は、NiCr合金、M-CrAlYのうちいずれか1種または複数種の金属であることを特徴とする。

【0011】

請求項3に記載の発明にあつては、請求項1または請求項2に記載の発明特定事項の他に、高温高硬度セラミックスは、SiC、WC、cBN、Cr₃C₂、TiC、ZrO₂-Y、Al₂O₃のうちいずれか1種または複数種のセラミックスであることを特徴とする。

【0012】

請求項4に記載の発明にあつては、請求項1から請求項3のうちのいずれかの

請求項に記載の発明特定事項の他に、前記タービン回転部品はタービン動翼であることを特徴とする。

【0013】

請求項5に記載の発明にあつては、ガスタービンエンジンの部品の一つであつてタービン回転部品における部品ベースの先端側に、高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した耐酸化アブレイシブコートをコーティングするためのコーティング方法において、

高温環境下における耐酸化性を有する微粉末状の高温耐酸化金属と高温環境下における高硬度を有する微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合した圧縮成形してなる圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記圧粉体電極と前記部品ベースの先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、放電エネルギーによって前記部品ベースの先端側に前記圧粉体電極の電極材料を拡散及び／または溶着させて、前記耐酸化アブレイシブコートをコーティングすることを特徴とする。

【0014】

ここで、「電極材料」とは、高温耐酸化金属と高温高硬度セラミックスを混合した材料のことをいう。また、「電極材料を拡散及び／または溶着させて」には、前記電極材料を拡散及び／または溶着させることの他に、放電エネルギーによって前記電極材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着させることも含まれる。更に、放電エネルギーによってコーティングされた前記耐酸化アブレイシブコートは前記部品ベースの母材との境界部分は、傾斜合金特性を有してあつて、前記耐酸化アブレイシブコートと前記部品ベースの先端側は強固に結合する。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態に係わるタービン動翼の製造方法（機械部品の製造方法の一例）、製造対象としてのタービン動翼、製造（コーティングを含む）に用いられる放電加工機について図1から図3を参照して説明する。

【0016】

図1は、本発明の実施の形態に係わるタービン動翼の製造方法を説明する図で

あって、図2は、本発明の実施の形態に係わる放電加工機の模式図であって、図3(a)は、製造対象としてのタービン動翼の側面図であって、図3(b)は、製造対象としての別態様のタービン動翼の側面図である。

【0017】

まず、図3(a)に示すように、製造対象としてのタービン動翼1、通電性を有した動翼ベース3と、この動翼ベース3の先端側に形成されかつ高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した耐酸化アブレイシブコート5とを備えている。更に、動翼ベース3は、翼7と、翼7の基端側に一体に形成されかつインナー流路面9sを有したプラットホーム9と、このプラットホーム9に一体に形成されかつタービンディスク（図示省略）に取付可能な翼根11とを備えている。ここで、翼7の先端側が動翼ベース3の先端側になっている。

【0018】

また、図3(b)に示すように、製造対象としての別態様のタービン動翼13は、通電性を有した動翼ベース15と、この動翼ベース15の先端側に形成されかつ高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した一对の耐酸化アブレイシブコート17とを備えている。更に、動翼ベース15は、翼19と、翼19の基端側に一体に形成されかつインナー流路面21sを有するプラットホーム21と、このプラットホーム21に一体に形成されかつタービンディスク（図示省略）に取付可能な翼根23と、翼19の先端側に一体に形成されかつアウター流路面25sを有したシュラウド25とを備えている。ここで、シュラウド25是一对のチップシール27を備えてあって、一对のチップシール27の先端側が動翼ベース15の先端側になっている。

【0019】

次に、図2に示すように、本発明の実施の形態に係わる放電加工機29はベッド31を加工機ベースとしており、このベッド31には、テーブル33が設けられてあって、このテーブル33はX軸サーボモータ（図示省略）の駆動によってX軸方向（図2において左右方向）へ移動可能かつY軸サーボモータ（図示省略）の駆動によってY軸方向（図2において紙面に向かって表裏方向）へ移動可能である。

【0020】

テーブル33には、電気絶縁性のある加工油等の加工液Lを貯留する加工槽35が設けられており、この加工槽35内には、支持プレート37が設けられている。この支持プレート37には、タービン動翼1（または13）を固定する動翼固定具39が設けられている。

【0021】

ベッド31の上方（図2において上方）には、加工ヘッド41がコラム（図示省略）を介して設けられており、この加工ヘッド41はZ軸サーボモータ（図示省略）の駆動によってZ軸方向（図3において上下方向）へ移動可能である。加工ヘッド41には、タービン動翼1（または13）の被処理部の形状に近似した形状を呈した圧粉体電極43を保持する電極保持部材45が設けられている。

【0022】

ここで、圧粉体電極43は、高温環境下における耐酸化性を有する微粉末状の高温耐酸化金属と高温環境下における高硬度を有する微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなるものである。また、圧粉体電極43の構成材料の一つとしての高温耐酸化金属は、NiCr合金、M-CrAlYのうちいずれか金属であって、圧粉体電極43の構成材料の一つとしての高温高硬度セラミックスは、SiC、WC、cBN、Cr₃C₂、TiC、ZrO₂-Y、Al₂O₃のうちいずれかのセラミックである。特に、M-CrAlYのMは金属のことであって、MがCoの場合にはCoCrAlYで、MがNiとCoの場合にはNiCoCrAlYになる。

【0023】

なお、電極保持部材45及び動翼固定具39は電源47に電氣的に接続されている。

【0024】

図1に示すように、本発明の実施の形態に係わるタービン動翼の製造方法は、タービン動翼1（または15）を製造するための方法であって、以下のような動翼ベース成形工程（部品ベース成形工程）とコーティング工程とを具備している。

【0025】

動翼ベース成形工程（部品ベース成形工程）

図1（a）に示すように、鍛造または鋳造によって動翼ベース3の大部分を成型する。そして、研削加工等の機械加工によって動翼ベース3の残りの部分（例えば翼根11の外形部分）を形成する。

【0026】

コーティング工程

前記動翼ベース成形工程が終了した後に、動翼固定具39によって動翼ベース3を固定することにより、動翼ベース3を加工槽35内の所定位置にセットする。次に、前記X軸サーボモータ、前記Y軸サーボモータの駆動によってテーブル33をX軸方向、Y軸方向（少なくともいずれかの方向）へ移動させることにより、動翼ベース3の先端側が圧粉体電極43に対向するように動翼ベース3の位置決めを行う。

【0027】

そして、前記Z軸サーボモータの駆動によって圧粉体電極43を加工ヘッド41と一体的にZ軸方向へ移動させつつ、電気絶縁性のある加工液L中において圧粉体電極43と動翼ベース3の先端側との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図1（b）に示すように、放電エネルギーによって動翼ベース3の先端側に圧粉体電極43の電極材料を拡散及び／または溶着させて、高温環境下における耐酸化アブレイシブ性を有した耐酸化アブレイシブコート5をコーティングすることができる。その後更に、動翼ベース3における翼7の翼根11以外の部分に対してアルミナイズ・コーティングのような耐酸化拡散処理を施すこともある。

【0028】

これで、タービン動翼1の製造が終了する。

【0029】

ここで、放電エネルギーによってコーティングされた耐酸化アブレイシブコート5と動翼ベース3の母材との境界部分は、傾斜合金特性を有してあって、耐酸化アブレイシブコート5と動翼ベース3の先端側は強固に結合する。

【0030】

なお、「電極材料」とは、高温耐酸化金属と高温高硬度セラミックスを混合した材料のことをいう。また、「電極材料を拡散及び／または溶着させて」には、前記電極材料を拡散及び／または溶着させることの他に、放電エネルギーによって前記電極材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着させることも含まれる。

【0031】

更に、前述のような本発明の実施の形態に係わるタービン動翼の製造方法による製造は、製造対象がタービン動翼1からタービン動翼13に変更されても、同様の工程を経て行われる。

【0032】

以上の如き、本発明の実施の形態によれば、微粉末状の高温耐酸化金属と微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなる圧粉体電極43を用いて、圧粉体電極43と動翼ベース3（または15）の先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、溶射によることなく、動翼ベース3（または15）の先端側に耐酸化アブレイシブコート5（または17）をコーティングすることができるため、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等の前処理、及びマスキングテープの除去処理等の後処理が不要になって、タービン動翼1（または13）の製造に要する製造時間（コーティング時間を含む）が短くなって、作業能率が向上する。特に、二つのコーティング工程（耐酸化用コーティング工程とアブレイシブ用コーティング工程）によるのではなく、一つのコーティング工程によって動翼ベース3（または15）の先端側に耐酸化アブレイシブコート5（または17）をコーティングすることができ、前記製造時間を更に短縮することができる。

【0033】

また、耐酸化アブレイシブコート5（または17）と動翼ベース3（または15）の先端側は強固に結合するため、耐酸化アブレイシブコート5（または17）が動翼ベース3（または15）の先端側から剥離し難くなって、タービン動翼1（または13）の品質を安定させることができる。

【0034】

なお、本発明は、前述の発明の実施の形態の説明に限るものではなく、例えば電気絶縁性のある加工液L中において放電させる代わりに、電気絶縁性のある気中で放電させる等、適宜の変更を行うことにより、その他種々の態様で実施可能である。

【0035】

【発明の効果】

請求項1に記載の発明によれば、微粉末状の高温耐酸化金属と微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなる前記圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記圧粉体電極と前記部品ベースの先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、溶射によることなく、前記部品ベースの先端側に前記耐酸化アブレイシブコート进行コーティングすることができ、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等の前処理、及びマスキングテープの除去処理等の後処理が不要になって、前記タービン回転部品の製造に要する製造時間が短くなって、作業能率が向上する。特に、二つのコーティング工程（耐酸化用コーティング工程とアブレイシブ用コーティング工程）によるのではなく、一つのコーティング工程によって前記部品ベースの先端側に前記耐酸化アブレイシブコート进行コーティングすることができ、前記製造時間を更に短縮することができる。

【0036】

また、前記部品ベースの先端側と前記耐酸化アブレイシブコートは強固に結合するため、前記耐酸化アブレイシブコートが前記部品ベースの先端側から剥離し難くなって、前記タービン回転部品の品質を安定させることができる。

【0037】

請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明による効果と同様の効果を奏する。

【0038】

請求項3に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明による効果と同様の効果を奏する。

【0039】

請求項4に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明による効果と同様の効果を奏する。

【0040】

請求項5に記載の発明によれば、微粉末状の高温耐酸化金属と微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなる前記圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記圧粉体電極と前記部品ベースの先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、溶射によることなく、前記部品ベースの先端側に前記耐酸化アブレイシブコートをコーティングすることができるため、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等の前処理、及びマスキングテープの除去処理等の後処理が不要になって、前記耐酸化アブレイシブコートのコーティングに要するコーティング時間が短くなって、作業能率が向上する。特に、二つのコーティング工程（耐酸化用コーティング工程とアブレイシブ用コーティング工程）によるのではなく、一つのコーティング工程によって前記部品ベースの先端側に前記耐酸化アブレイシブコートをコーティングすることができ、前記コーティング時間を更に短縮することができる。

【0041】

また、前記部品ベースの先端側と前記耐酸化アブレイシブコートは強固に結合するため、前記耐酸化アブレイシブコートが前記部品ベースの先端側から剥離し難くなって、前記耐酸化アブレイシブコートが剥離し難くなって、前記タービン回転部品の品質を安定させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態に係わるタービン動翼の製造方法を説明する図である。

【図2】

本発明の実施の形態に係わる放電加工機の模式図である。

【図3】

図3（a）は、製造対象としてのタービン動翼の側面図であって、図3（b）は、製造対象としての別態様のタービン動翼の側面図である。

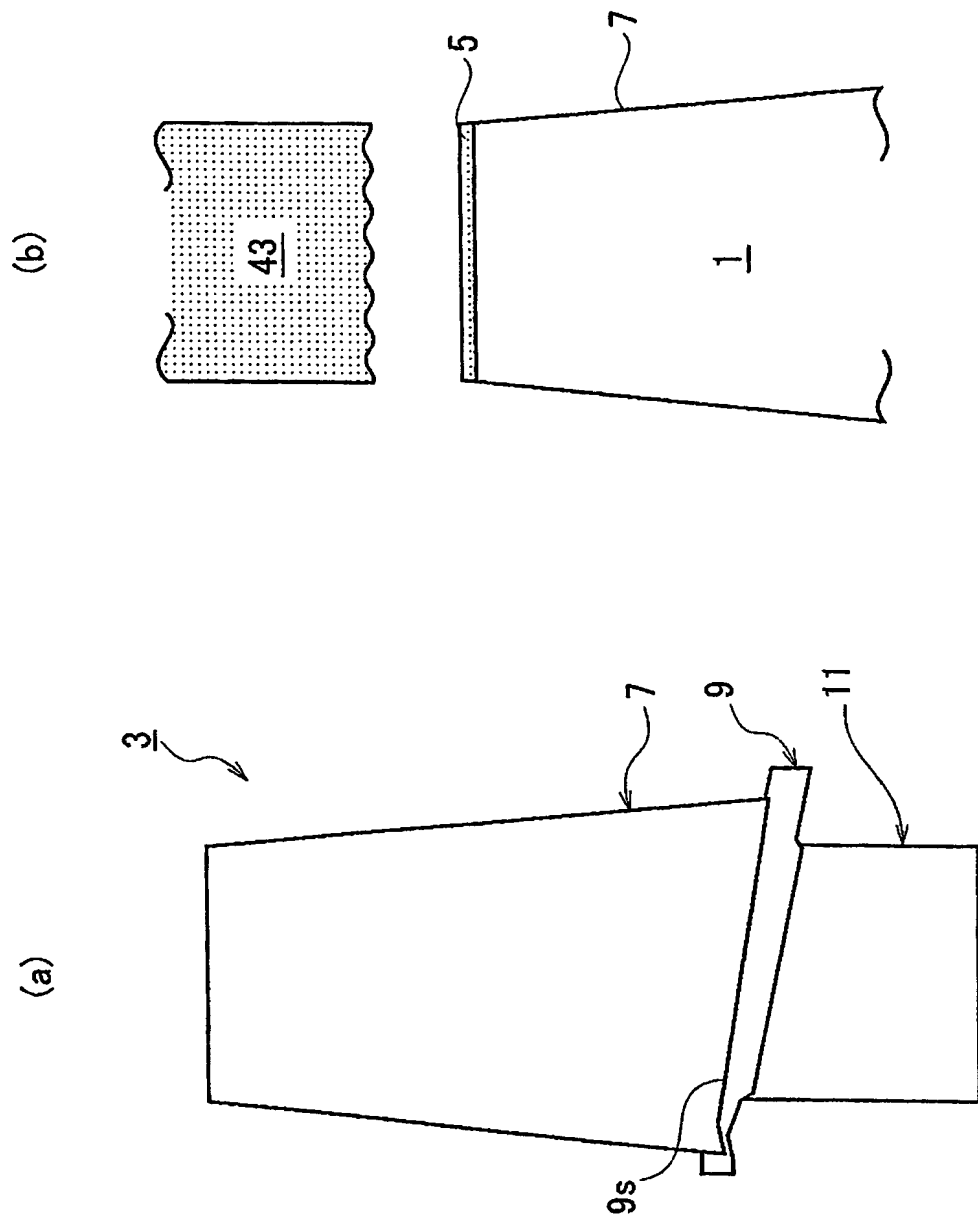
【符号の説明】

- 1 タービン動翼
- 3 動翼ベース
- 5 耐酸化アブレイシブコート
- 4 3 圧粉体電極

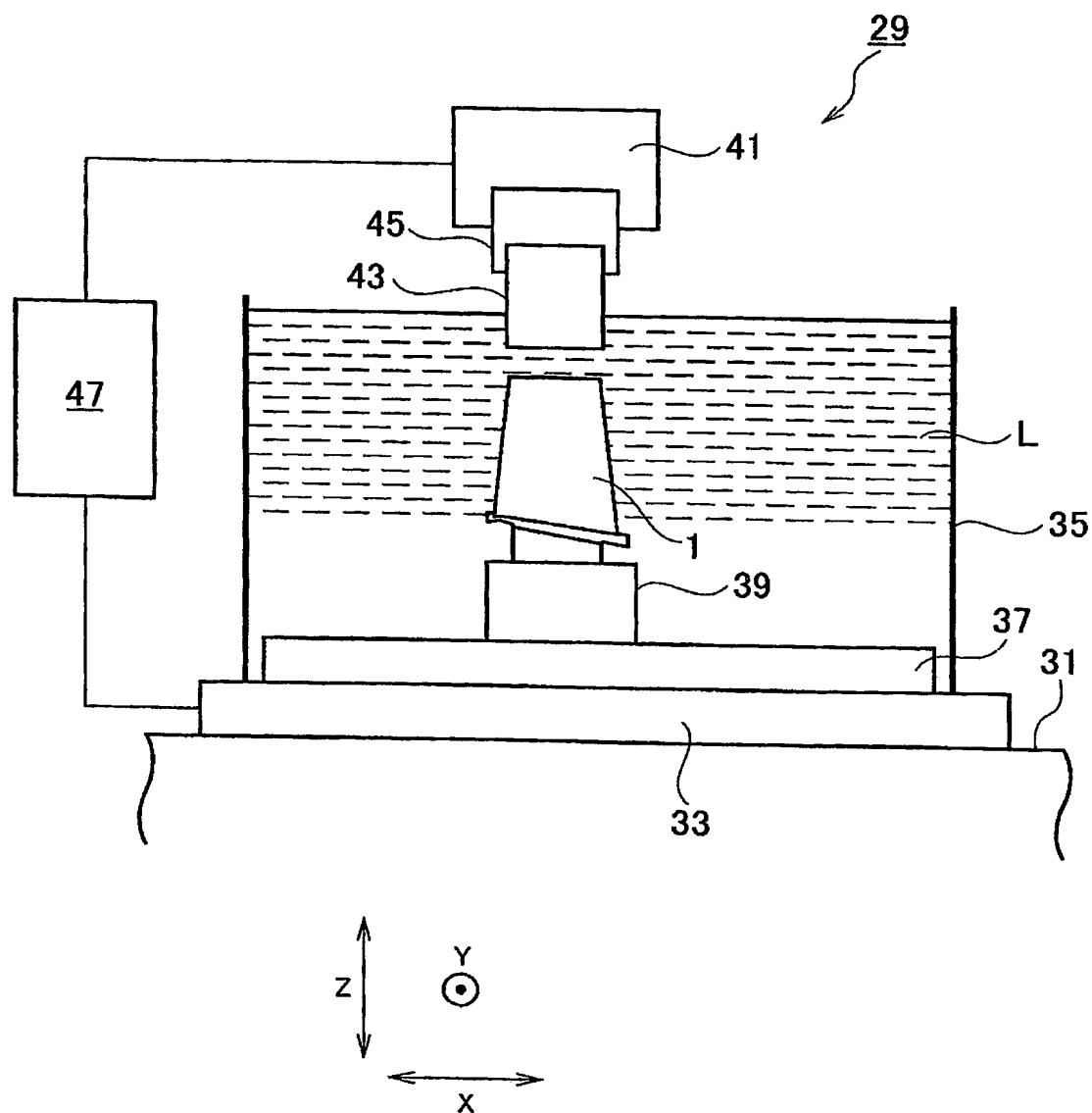
【書類名】

図面

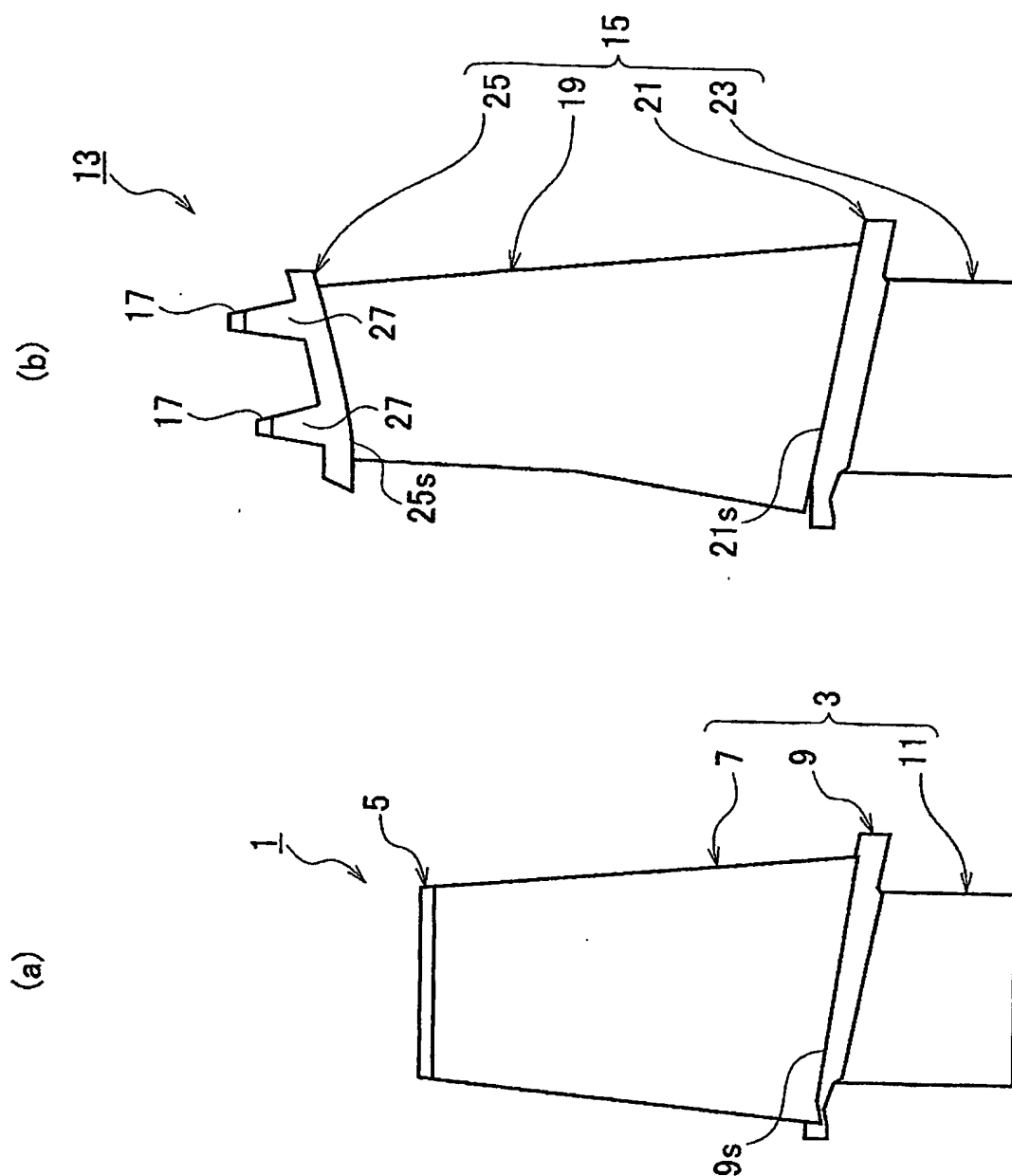
【図 1】



【図 2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 タービン回転部品 1 の製造に要する製造時間が短くする。

【解決手段】 微粉末状の高温耐酸化金属と微粉末状の高温高硬度セラミックスを混合して圧縮成形してなる圧粉体電極 43 を用いて、圧粉体電極 43 と部品ベース 3 の先端側との間にパルス状の放電を発生させることにより、放電エネルギーによって部品ベース 3 の先端側に圧粉体電極 43 の電極材料を拡散及び／または溶着させて、耐酸化アブレイシブコート 5 をコーティングする。

【選択図】 図 1

特願 2003-167068

ページ: 1

出願人履歴情報

識別番号

[000000099]

1. 変更年月日
[変更理由]

1990年 8月 7日

新規登録

住所
氏名

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
石川島播磨重工業株式会社

特願 2003-167068

ページ： 2/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006013]

1. 変更年月日
[変更理由]

住 所
氏 名

1990年 8月24日

新規登録

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
三菱電機株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.